

# 沼气工程技术讲座(三) 沼气工程的技术设计

田晓东<sup>1</sup>, 张 典<sup>2</sup>, 俞松林<sup>2</sup>, 崔彦如<sup>3</sup>

(1.吉林省能源研究所,吉林 长春 130012; 2.吉林省节能监察中心,吉林 长春 130012; 3.吉林省农业科学院农村能源研究所,吉林 长春 130000)

中图分类号: TK6; S216.4 文献标志码: B 文章编号: 1671-5292(2011)03-0157-03

## 1 沼气工程设计原则和内容

沼气工程设计要以技术先进、经济合理和安全实用为原则,应根据工程建设目标和规模,选择投资省、占地少、工期短、运行稳定和操作简单的工艺路线。沼气工程设计应尽量采用新技术、新工艺、新材料和新设备;要充分利用附近的农田资源,应用和消纳工程排放的废水;要与邻近区域的给水和排水及供电系统相协调;要考虑在因突发事故而造成工程停运的情况下,能够采取应对措施;在经济合理的原则下,尽可能采用机械化、自动化控制,以方便运行管理和降低劳动强度。处理畜禽粪污的沼气工程,应以减量化、无害化和资源化为目标。在条件允许的情况下,可首选“能源生态”模式,实现粪污零排放。

沼气工程包括原料收集、预处理和沼气的生产、净化、储存、输配和沼液、沼渣的综合利用或深度处理等。沼气工程设计的具体内容:①工艺流程的选择、确定和设计;②各个处理单元工艺技术参数的选择与确定;③整个系统的物料和能量平衡计算;④各工艺阶段所需构筑物、建筑物、设施和设备的图纸绘制。

## 2 沼气工程的工艺流程

沼气工程的工艺类型随考虑问题的角度不同而异。大中型沼气工程的分类着重于运行温度、运行最终目标和发酵原料,从这 3 个方面考虑,沼气发酵工艺类型如图 1。

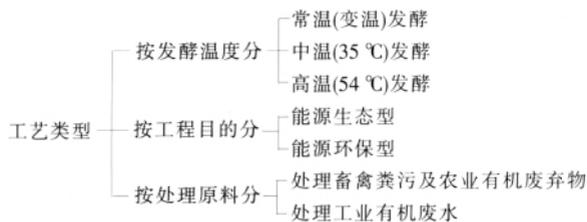


图 1 沼气发酵工艺类型

### (1) 沼气工程的基本工艺流程

一个完整的沼气工程,无论其规模大小,都应包括原料(废水)前(预)处理、厌氧消化、排出液的后处理和沼气净化、储存、输配以及利用等环节(图 2)。



图 2 沼气工程基本工艺流程

### (2) 工业沼气工程的基本工艺流程

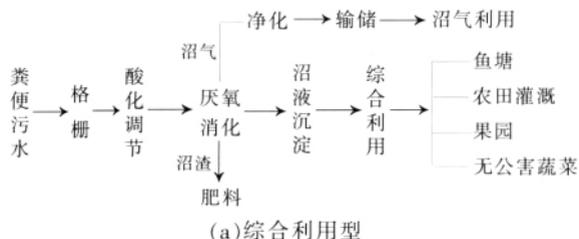
工业沼气工程是能源环保型工程,所处理的是工厂有机废水,其最终目的是达标排放(图 3)。实际工程中,因所处理有机废水的水质不同,其处理方法各异,因此必须结合实际情况进行工程设计,应将工程构成的几大部分进一步细化,按规范设计施工图纸。



图 3 工业沼气工艺流程示意图

### (3) 农业沼气工程的基本工艺流程

农业沼气工程以处理农业有机废弃物和畜禽粪污为主来生产沼气,利用沼液还田或者好氧处理达标后排放。根据对沼液处理的方式,可将农业沼气工程分为综合利用型、能源生态型和能源环保型(图 4)。



(a)综合利用型

收稿日期: 2010-12-21。

作者简介: 田晓东(1940-),男,高级工程师,长期从事生物质能工程技术与开发工作。E-mail:ysl1771@163.com

通讯作者: 崔彦如(1978-),女,博士,副研究员,从事沼气工艺与设备的研究工作。E-mail:cuiyanru2000@yahoo.com.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

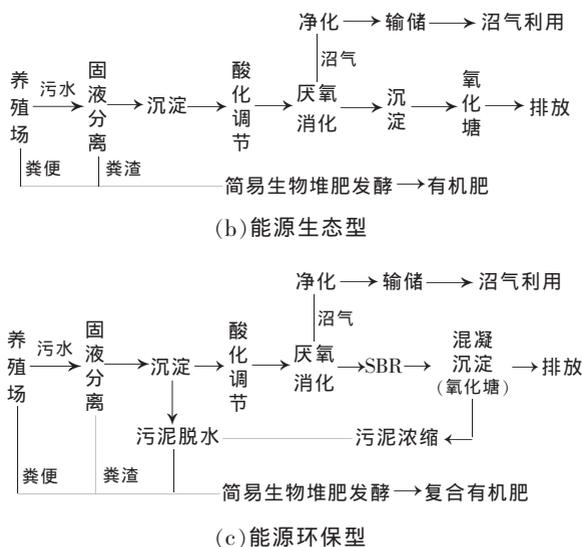


图 4 农业沼气工艺流程示意图

综合利用模式的沼气工程，可以最大限度地获得沼气，最大限度地实现粪污资源化利用，实现粪便污染物零排放，并把沼液用作液体有机肥或养鱼饵料。该沼气工程投资较少，工程运行费用较低，管理较为方便。该工程附近须有大量的田地消纳沼液，还须考虑在非用肥季节的沼液出路问题等。该模式适合万头以下养殖规模的猪场。

### 3 沼气工程技术设计

组成沼气工程的各个单元设备、设施、构(建)筑物的工艺参数，都必须根据处理有机废水的水质和日处理量等条件来确定；农业沼气工程的工艺参数由养殖规模和清粪方式所决定。

沼气工程的工艺参数计算应依据《规模化畜禽养殖场沼气工程设计规范》(NY/T1222-2006)和《沼气工程技术规范第一部分：工艺设计》(NY/T1220.1-2006)的相关规定进行，结合建设方所处的地理位置和提供的已知条件，计算和确定厌氧消化器有效容积、工程正常运行的产出量、物料平衡和热量平衡等相关参数。

下面以能源生态型沼气工程为例，介绍原料前处理、消化液后处理、沼气净化与贮存输配系统和其他各专业的的设计。厌氧消化器的技术设计在下一讲进行专题介绍。

#### (1) 原料前处理

前处理也称预处理，是将畜禽粪污调质均化，除掉大块杂物，并根据鸡粪含砂多和牛粪含草的特点，设置沉砂或粪草分离装置，便于液泵输送，为厌氧消化提供温度和浓度适宜的发酵原料。在北方，沼气工程的前处理设施应设在双膜温室内或建筑物内，应采取保温和采光措施。

##### ① 污水井

在来水管道上要设置具有一定沉砂作用的污水井，以减轻后续除砂负担。

##### ② 格栅

格栅设置在集水池之前。第一道格栅的栅条间隙为 20~40 mm；第二道格栅的栅条间隙为 8~15 mm。两道格栅能先后清除污水中的大块和小块杂物。格栅顺水流方向倾斜 60°安装，污水过栅的流速应为 0.5~0.8 m/s；格栅旁的操作台以高出最高水位 0.5 m 为宜。采用机械格栅时，要按其使用说明书安装和操作。

##### ③ 集水池

分批次进料的工程可将调节池兼作集水池，以减少泵的提水次数。调节池的有效容积要略大于养殖场每次的清粪排水量。

##### ④ 酸化升温池

分批次进料的沼气工程可将酸化升温池兼作计量池。为满足先酸化后升温，一般设有 2~3 个贮池，并联轮流作业。升温池应有封闭的上盖和四周保温措施。预处理的各种贮池应采用地下钢筋混凝土结构，按《给排水工程构筑物设计规范》(GB50069-2002)规定设计。

##### ⑤ 泵与搅拌机

根据输送介质的特性、流量及扬程的大小选择输液泵。兼作厌氧消化器进料的输液泵，一般设置两台，其中一台作为备用。输送浓度较高的粪污料液，宜选用无堵塞排污泵。搅拌器的转速应为 80~100 r/min，酸化升温池和集水池都必须设有搅拌机

##### ⑥ 料液的升温

以畜禽粪污作发酵原料的工程，宜采用锅炉蒸汽直接加热，或用太阳能热水稀释鲜干粪，或间断地用沼液上清液回流稀释鲜干粪。如果用发电余热给原料升温，则必须采用换热的方式，换热循环水进口温度不可超过 68℃，换热面积应根据热量平衡计算来确定，并保持 20% 的富余量。

#### (2) 消化液后处理

能源生态型沼气工程的后处理设施，主要有室内贮液池、室外贮液池和消纳沼渣沼液的用肥农田。

室内贮液池的容量至少能容纳工程一天进料量的 1/2；室外贮液池的容积应大于工程 5 d 的排水量。

能源环保型沼气工程的后处理，应包括沉淀池与氧化塘或沉淀池与人工湿地等自然处理系统。对消化排出液进行达标排放处理，需要面积足够大的人工湿地或是容积足够大的分级氧化塘。

#### (3) 沼气净化

沼气从消化液表面散逸出来，聚集在厌氧消化器顶部的集气室里。应保证集气室的气密性，防止沼气外逸或空气的渗入。集气室应设有安全口，避免由于操作失误而造成消化器超压，发生装置变形或其他事故。出气管的直径应该足够大，以避免沼气中的泡沫堵塞主管道。为除掉沼气中的水分和硫化氢，要对沼气进行净化处理。

沼气净化工艺流程如图 5 所示。

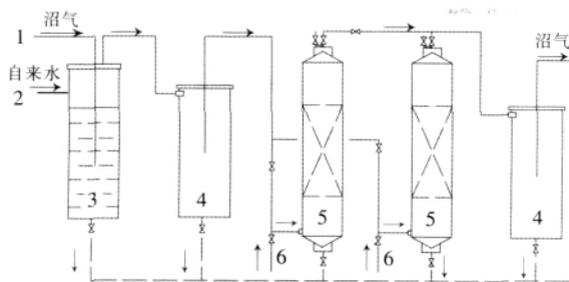


图5 沼气净化工艺流程图

1-沼气入口;2-自来水入口;3-水封;4-气水分离器;5-脱硫塔;6-再生通气放散阀

### ① 沼气脱水

工程上多采用重力气水分离法除掉沼气中的饱和水蒸气。要按照工程平均日产沼气的量设计气水分离器。分离器筒体高度为直径的3~5倍;沼气在入口管内的流速宜大于15 m/s,沼气在出口管内的流速宜小于10 m/s,沼气流经气水分离器空塔的流速应为0.21~0.23 m/s;供气压力应大于2 kPa,沼气流经分离器的压力损失应小于0.1 kPa。沼气进口管应设置在筒体的切线方向;分离器下部应设有排污管;分离器内宜装入不锈钢丝网、聚乙烯丝网或聚四氟乙烯丝网等填料。对日产气量大于10 000 m<sup>3</sup>的沼气工程,可采用冷分离法、固体吸附法或溶剂吸收法等脱水工艺。

在沼气管道的最低点须设置凝水器用于收集冷凝水,可选择定期人工排水或自动排水。采用自动排水方式要防止系统超压,避免沼气在此处泄漏。沼气凝水器的直径宜为进气管径的3~5倍,其高度宜为直径的1.2~2.0倍。

在消化器与湿式储气柜之间要设置水封罐,可起到稳定压力、排除沼气中的冷凝水、隔断及阻火作用。水封罐体截面积一般为进气管截面积的4倍,水封压力须为系统压力的1.5倍。进气管必须垂直插入水封罐,其直管段水柱的压力应为系统压力的2倍,进气管入水深度应满足该段水容量在进气管内形成大于系统1.2倍的压力。

### ② 沼气脱硫

一般的沼气工程多采用以氧化铁为脱硫剂的干法脱硫。干法脱硫的原理:在常温下,沼气通过脱硫剂,沼气中的H<sub>2</sub>S与活性氧化铁接触生成硫化铁或硫化亚铁;当脱硫剂再生时,含有硫化物的脱硫剂与空气中的氧接触,当有水分存在时,铁的硫化物又转化为氧化铁和单体硫。这种脱硫和再生过程可循环进行多次,直至氧化铁脱硫剂表面的大部分孔隙被硫或其它杂质覆盖而失去活性为止。

脱硫器的高径比(H/D)应选为2~3。根据脱硫剂的数量,脱硫器可设计为单床层、双床层或多床层。进气管可采用上进下出或下进上出方式。脱硫罐(塔)底部应设置排污阀和沼气安全泄压等设施。干法脱硫装置宜设置两三套,即1备1用或两用1备。在寒冷地区,脱硫装置应设在

室内,沼气温宜为10~35℃。

沼气通过粉状脱硫剂的线速度宜控制在7~11 mm/s;通过颗粒状脱硫剂的线速度宜控制在20~25 mm/s。

脱硫剂应分层装填。颗粒状氧化铁脱硫剂装填的每层厚度以0.4~1 m为宜。粉状脱硫剂每层高度以0.3~0.5 m为宜。经过脱硫净化后的沼气,应达到H<sub>2</sub>S含量≤20 mg/m<sup>3</sup>的标准。

### (4) 沼气的贮存

贮气柜分为低压贮气柜和高压贮气柜,现有的沼气工程通常采用低压贮气柜。低压贮气又分为湿式贮气和干式贮气。

低压干式贮气柜可用耐紫外线、抗老化又阻燃的强柔性织物制作贮气袋,作为独立气柜;也可安装在沼液罐上方建成一体化厌氧发酵与储气装置。干式低压贮气柜的基础费用低,占地少。

低压湿式贮气柜为可变容积金属柜,它主要由水封槽、钟罩、塔节以及升降导向装置组成。当沼气输入贮气柜内贮存时,落在水封槽内的钟罩和塔节依次按直径由小到大升起;当贮气柜内沼气导出时,塔节和钟罩又按直径由大到小依次降落到水封槽中;钟罩与塔节、内侧塔节与外侧塔节之间,利用水封衬将柜内沼气与大气隔绝。因此,随塔节升降,沼气的贮存容积和压力是变化着的。当贮气容量小于3 000 m<sup>3</sup>,一般可采用单节贮气钟罩。贮气钟罩与水封槽内壁的间距应不小于400 mm。

贮气柜内的沼气压力是由贮气钟罩载面积、钟罩及配重的重量所决定的。

低压湿式贮气柜贮气压力宜设计为2~5 kPa,扣除管网阻力损失,其灶前供气压力应是灶具额定压力的2倍。

当沼气主要供给炊事用气时,贮气柜容积可为日产气量的50%~60%;沼气作为炊事用气和沼气发电(或烧锅炉)各占一半耗气量时,贮气柜容积可为日产气量的40%;当沼气主要用作燃料、发电等工业用气时,应根据沼气供求平衡曲线确定贮气柜容积。

### (5) 沼气的输配设计

沼气输配设计包括管材选择、室外管网和室内管路布置以及管径和输气阻力计算等。沼气是可燃气体,其输配设计须由有燃气设计资质的单位承担。沼气站内管路布置设计,可由沼气站主体工程设计单位承担,按照《沼气工程技术规范第2部分:供气设计》的相关规定进行设计。

### (6) 其他各专业的的设计

沼气工程设计以工艺设计为主,还应包括相关的专业设计,其中包括工程选址与总平面布置、建筑结构工程、消防和安全、给水排水与采暖通风、电气与监控仪表和节能环保等专业。各专业设计必须遵循各自专业的技术规范,针对沼气易燃、易爆的特点,必须采取安全防火措施。

(连载待续)